

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-022399

(43)Date of publication of application : 24.01.1995

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065

G23C 16/02

G23F 4/00

(21)Application number : 05-157369

(71)Applicant : KAWASAKI STEEL CORP

(22)Date of filing : 28.06.1993

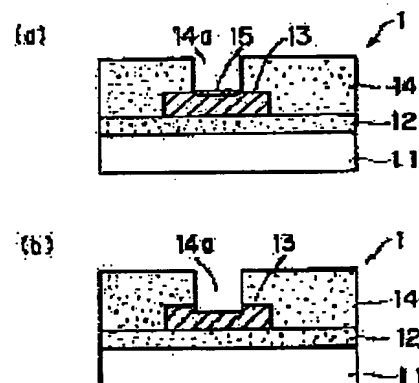
(72)Inventor : YAMAMOTO HIROSHI
TAKEYASU NOBUYUKI
KONDO HIDEKAZU
OOTA TOMOHIRO

(54) FORMING METHOD AND DEVICE FOR FORMING BURIED PLUG

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a buried plug forming method and a device, wherein the etching terminating point of an alumina layer or an antireflection film on a lower wiring metal film on the bottom of a via-hole is detected, and these films are removed by etching high in controllability.

CONSTITUTION: An alumina layer 15 on the bottom of a via-hole 14a is etched with Cl gas plasma, when Al luminescence takes place. Emitted light is kept constant in intensity after the alumina layer 15 starts to be etched and then increased by steps after a certain time elapses after a lower wiring metal film 13 containing more Al than the alumina layer 15 starts to be etched after the etching of the alumina layer 15 is finished. Therefore, an intensity change in luminescence is detected by an optical sensor, whereby an etching terminating point can be detected.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(11)特許出願公開番号

特開平7-22399

(48)公開日 平成7年(1995)1月24日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

片内整理番号

FI

技術表示箇所

H O 1 L 21/3065

C 2 3 C 16/02

C 2 3 F 4/00

F 8414-4K

E 8414-4K

H O I L 21/ 302

E

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 9 頁)

(21)出願番号

特願平5-157369

(22) 出願日

平成5年(1993)6月28日

(71) 出願人 000001258

川崎製鉄株式会社

兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

(72) 発明者 山本 浩

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

(72) 発明者 竹安 伸行

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

(74) 代理人 弁護士 長谷川 芳樹 (外3名)

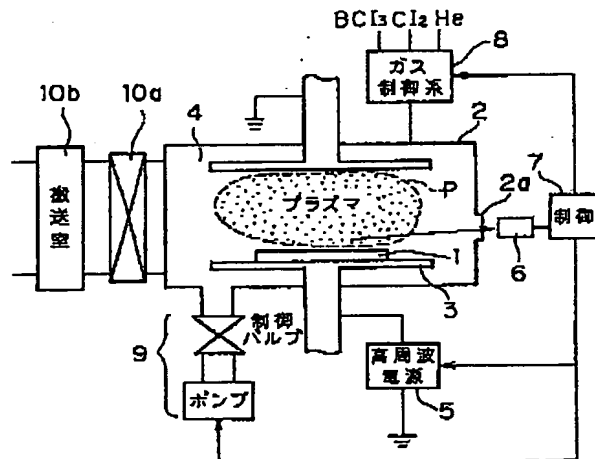
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 煙込プラグの形成方法およびその装置

(57) 【要約】

【目的】 ヴィア孔底面の下層配線金属膜上のアルミナ層または反射防止膜のエッチング終了時点を検出し、制御性よくこれら各膜をエッチング除去して埋込プラグを形成する方法およびその装置を提供する。

【構成】 ヴィア孔14aの底面にあるアルミナ層15はC1系ガスを用いたプラズマによりエッチングされ、このエッチング時にA1発光が生じる。この発光強度は、アルミナ層15のエッチング開始後一定した値を示すが、アルミナ層15についてのエッチングが終了し、より多くのA1を含む下層配線金属膜13についてのエッチングが始まる一定時間経過後にステップ状に増加する。従って、この強度変化を光センサ6で検出することにより、エッチング終了時点を検知することが可能になる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 Al金属を含んだ下層配線金属膜上に層間絶縁膜を形成する工程と、この層間絶縁膜の一部を選択的に除去してビア孔を開口する工程と、このビア孔の底面に露出した前記下層配線金属膜の表面を塩素系ガスを含む雰囲気中でプラズマエッチする工程と、前記ビア孔内に埋込プラグを選択的に形成する工程とを備えた埋込プラグの形成方法において、前記プラズマエッチの際に、プラズマ中の特定波長の発光を観察し、その強度変化を検知して前記プラズマエッチの停止時点を決定する工程を備えたことを特徴とする埋込プラグの形成方法。

【請求項2】 反応性ガスのプラズマを用いたプラズマエッチを行うエッチング室と、金属化合物ガスを用いた選択CVDを行うCVD室と、これら2室間を基板表面を大気に曝すことなく搬送する搬送機構とを備えた埋込プラグ形成装置であって、前記エッチング室に、プラズマエッチング中のプラズマ内での特定の発光の強度変化を検知してエッチングを停止させる制御手段を備えていることを特徴とする埋込プラグ形成装置。

【請求項3】 Al金属を含んだ下層配線金属膜上に層間絶縁膜を形成する工程と、この層間絶縁膜の一部を選択的に除去してビア孔を開口する工程と、このビア孔の底面に露出した前記下層配線金属膜の表面を塩素系のガスを含む雰囲気中でプラズマエッチする工程と、前記ビア孔内に埋込プラグを選択的に形成する工程とを備えた埋込プラグの形成方法において、前記プラズマエッチの際に、プラズマ中の特定波長の発光を観察し、その強度変化を検知してプラズマエッチの条件を変化させ、前記下層配線金属膜の表面層をオーバーエッチした後、前記プラズマエッチを停止する工程を備えたことを特徴とする埋込プラグの形成方法。

【請求項4】 前記プラズマエッチの条件の変化は、基板表面に照射されるイオンのエネルギーを低くする効果を与える変化であることを特徴とする請求項3記載の埋込プラグの形成方法。

【請求項5】 反応性ガスのプラズマを用いたプラズマエッチを行うエッチング室と、金属化合物ガスを用いた選択CVDを行うCVD室と、これら2室間を基板表面を大気に曝すことなく搬送する搬送機構とを備えた埋込プラグ形成装置であって、前記エッチング室に、プラズマエッチング中のプラズマ内での特定の発光の強度変化を検知してエッチング条件を変化させ、かつ、この変化させた条件でのエッチングを行った後にエッチングを停止させる制御手段を備えていることを特徴とする埋込プラグ形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ビア孔に埋込プラグ

2

を選択形成する埋込プラグの形成方法および埋込プラグ形成装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体装置の多層配線構造において、多層に積み重ねられる各配線金属膜間を電気的に接続するため、埋込プラグが形成される。この埋込プラグは従来一般的に次のように形成されていた。まず、Si基板上にアルミニウム (Al) 金属からなる下層配線金属膜が形成され、所定配線形状にパターニングされる。次に、この下層配線金属膜上に層間絶縁膜が積層され、この層間絶縁膜の所定箇所にビア孔が開口される。次に、ビア孔の開口工程およびその後の大気中での放置の際に、ビア孔に露出する下層配線金属膜表面に形成されたアルミナ層を除去するため、例えば特開平3-291920号公報に示されたように、ビア孔に露出する下層配線金属膜表面について塩素 (Cl) 系のガスを用いたプラズマエッチングが行われる。次に、化学気相成長 (CVD) 法によってAl金属やタングステン (W) 金属がビア孔内に選択堆積され、埋込プラグが形成される。次に、層間絶縁膜上に上層配線金属膜が形成される。この上層配線金属膜は埋込プラグを介して下層配線金属膜に電気的に接続される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のCl系ガスを用いたプラズマエッチの際、ビア孔に露出する下層配線金属膜表面に形成されるアルミナ層の状態は、各基板の履歴によってそれぞれ異なる。例えば、基板が大気中に曝される時間により、下層配線金属膜表面が酸化して形成されるアルミナ層の膜厚は異なる。下層配線金属膜表面のこのアルミナ層を除去するCl系プラズマエッチは、上記従来の埋込プラグの形成方法においては、エッチングエンドポイントを検出することなく、各基板共通に一定時間だけ行われていた。このため、下層配線金属膜表面のアルミナ層が除去しきれない基板があったり、また、下層配線金属膜をエッチングし過ぎてしまう基板もあり、エッチング深さは基板ごとにばらついた。

【0004】また、このような不都合を解消するため、下層配線金属膜をパターニングする際に用いられる一定膜厚の反射防止膜を下層配線金属膜上に残しておき、ビア孔の開口後に下層配線金属膜を直ぐに露出させない方法も考えられる。つまり、プラグ形成の直前に反射防止膜の一定膜厚に対応する時間だけプラズマエッチが行われ、下層配線金属膜表面の反射防止膜が除去される。その後、このエッチング除去に引き続いて選択CVDが行われ、ビア孔に露出した下層配線金属膜の表面に埋込プラグが選択形成される。

【0005】しかし、TiN等からなる反射防止膜は、層間絶縁膜を選択的に除去してビア孔を開口するために行われる弗素 (F) 系プラズマエッチに対しても一定

50

3

のエッチング速度を持つ。従って、反射防止膜は、この F 系プラズマエッチのオーバーエッチングによって膜厚が減少することがある。それと共に、弗素を含む堆積物が反射防止膜表面に形成される場合もある。このため、反射防止膜を用いたこのような方法においても、下層配線金属膜を露出させるプラズマエッチは安定して行えない。つまり、反射防止膜の膜厚が一定であることを前提に行われる、反射防止膜除去のためのプラズマエッチは、各基板に共通した一定時間だけ行われる。このため、ある基板においては反射防止膜をエッチング除去するのみならず、反射防止膜下の下層配線金属膜を奥深くまでエッチングし過ぎてしまうこともある。また、逆に、堆積物の存在によってエッチングが遅らされ、反射防止膜が除去しきれないこともある。

【0006】また、Al 金属からなる下層配線金属膜は塩素ラジカルの化学的作用のみでエッチング可能であるのに対して、下層配線金属膜表面のアルミナ層や反射防止膜のエッチングには高エネルギーイオンによる物理的作用が必要であり、イオンエネルギーの高いエッチング条件が採用される。ところが、このような高エネルギーのイオンが下層配線金属膜表面に照射されると、下層配線金属膜の Al 金属がスパッタされて付近に飛散し、ビア孔側壁に再付着する。このような金属の再付着は、選択堆積による埋込プラグ形成の際に選択性を悪化させる原因になる。また、塩素イオンが高エネルギー状態で照射されると、下層配線金属膜内に深く侵入して残留する。このようにして残留して塩素は、下層配線金属膜と埋込プラグとの間の接触抵抗を増大させたり、下層配線金属膜もしくは埋込プラグの腐食を起こす原因になる。

【0007】また、特にアルミナ層のエッチングには BC1₃ 等の還元性を持つガスが有効であり、使用される場合が多い。ところが、BC1₃ を含むガス中で反応性イオンエッチング (RIE) を行くと、硼素 (B) を含む堆積物がビア孔側壁に生成されたり、下層配線金属膜表面に残留したりする場合がある。ビア孔側壁の堆積物は埋込プラグ形成の際の選択性悪化の原因になり、下層配線金属膜表面の残留物は下層配線金属膜と埋込プラグとの間の接触抵抗の増大の原因になる。

【0008】同様に PC1₃ も還元性を持つが、この場合にはリン (P) を含む堆積物が生成される。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明はこのような課題を解消するためになされたもので、Al 金属を含んだ下層配線金属膜上に層間絶縁膜を形成する工程と、この層間絶縁膜の一部を選択的に除去してビア孔を開口する工程と、このビア孔の底面に露出した下層配線金属膜の表面を塩素系ガスを含む雰囲気中でプラズマエッチする工程と、このビア孔内に埋込プラグを選択的に形成する工程とを備えた埋込プラグの形成方法において、プラズマエッチの際に、プラズマ中の特定波長の発光を観

4

察し、その強度変化を検知してプラズマエッチの停止時点を決する工程を備えたことを特徴とするものである。

【0010】また、反応性ガスのプラズマを用いたプラズマエッチを行うエッチング室と、金属化合物ガスを用いた選択 CVD を行う CVD 室と、これら 2 室間を基板表面を大気に曝すことなく搬送する搬送機構とを備えた埋込プラグ形成装置であって、上記エッチング室に、プラズマエッチング中のプラズマ内での特定の発光の強度変化を検知してエッチングを停止させる制御手段を備えていることを特徴とするものである。

【0011】また、Al 金属を含んだ下層配線金属膜上に層間絶縁膜を形成する工程と、この層間絶縁膜の一部を選択的に除去してビア孔を開口する工程と、このビア孔の底面に露出した下層配線金属膜の表面を塩素系のガスを含む雰囲気中でプラズマエッチする工程と、このビア孔内に埋込プラグを選択的に形成する工程とを備えた埋込プラグの形成方法において、プラズマエッチの際に、プラズマ中の特定波長の発光を観察し、その強度変化を検知してプラズマエッチの条件を変化させ、下層配線金属膜の表面層をオーバーエッチした後、プラズマエッチを停止する工程を備えたことを特徴とするものであり、特に、プラズマエッチの条件の変化は、基板表面に照射されるイオンのエネルギーを低くする効果を与える変化であることを特徴とするものである。

【0012】また、反応性ガスのプラズマを用いたプラズマエッチを行うエッチング室と、金属化合物ガスを用いた選択 CVD を行う CVD 室と、これら 2 室間を基板表面を大気に曝すことなく搬送する搬送機構とを備えた埋込プラグ形成装置であって、上記エッチング室に、プラズマエッチング中のプラズマ内での特定の発光の強度変化を検知してエッチング条件を変化させ、かつ、この変化させた条件でのエッチングを行った後にエッチングを停止させる制御手段を備えていることを特徴とするものである。

【0013】

【作用】下層配線金属膜の表面のプラズマエッチの際に、プラズマ中の特定の波長の発光を観察し、その強度変化を検知してプラズマエッチの停止時点を決することにより、基板の履歴にかかわらず、各基板毎に適切な時間だけプラズマエッチを行うことが可能になる。

【0014】また、プラズマエッチの際に、プラズマ中の特定の波長の発光を観察し、その強度変化を検知してプラズマエッチの条件を変化させることにより、イオンエネルギーの高い条件が必要なアルミナ層や反射防止膜のエッチングと、イオンエネルギーを低くした方が好ましい下層配線金属膜の表面層のエッチングとを、それぞれに適した条件で行うことが可能になる。

【0015】

【実施例】次に、本発明の第 1 の実施例による埋込プラ

5

グの形成方法および埋込プラグ形成装置について説明する。

【0016】まず、Si基板上にSiO₂からなる下地絶縁膜が形成され、この下地絶縁膜上にAlもしくはAlCu、AlSiCu、AlCuTi、AlSc等のAl合金からなる下層配線金属膜が形成される。次に、この下層配線金属膜はリソグラフィ技術を用いて所定形状にパターニングされ、パターニングされた下層配線金属膜上にSiO₂からなる層間絶縁膜が形成される。次に、この層間絶縁膜上にホトレジストが塗布され、このホトレジストはホトリソグラフィ技術を用いて所定形状にパターニングされる。次に、パターニングされたこのホトレジストをマスクにF系ガスをを用いたエッチングが行われ、層間絶縁膜が選択的に除去され、下層配線金属膜が一部露出するビア孔が開口される。その後、パターニングに用いられたホトレジストは酸素プラズマアッシングおよび有機溶剤処理によって除去される。

【0017】次に、開口したビア孔へのプラグ形成の前処理として、以下のエッチングが行われる。

【0018】つまり、図1に示すように、この工程まで終了した基板1は、本実施例の埋込プラグ形成装置を構成するエッチング室である容器2内のカソード3上に載置されている。容器2にはガス制御系8を通じてBCl₃、Cl₂等のエッチングガスおよびHe等の希釈ガスが供給され、圧力制御系9によって内部は所定圧力に設定されている。この内部にはカソード3に対向してアノード4が設けられており、一對の平行平板電極を構成している。このカソード3には電源5から高周波電圧が与えられ、電極間にプラズマPが形成される。また、容器2の側壁には、プラズマP中で生じる光を取り出す窓2aが設けられており、容器外部には、窓2aを介して入射される光を検出する光センサ6が設けられている。この光センサ6には、396nmの発光波長を有するAl発光のみを透過するフィルタが備えられている。なお、窓2aを介さずに光ファイバを用いて発光を光センサ6に導くこともできる。また、光センサ6の出力には制御手段7が設けられており、この制御手段7は容器2に供給されるガス、容器2内の圧力、カソード3に与えられる高周波の電力を制御する機能を持っている。

【0019】また、図1では省略されているが、本埋込プラグ形成装置は、エッチング室でエッチングされた後の基板のビア孔内に、金属化合物ガスを原料とした選択CVDにより埋込プラグを形成するためのCVD室も備えている。エッチング室とこのCVD室とは、エッチング後の基板を大気に曝すことなくCVD室に搬送することができるよう、例えば、真空バルブ10aで仕切られた搬送室10bによって連結されている。

【0020】図2(a)はこの容器2内における基板1の状態を示す断面図である。Si基板11上には下地絶縁膜12が形成されており、この下地絶縁膜12上にパ

6

ターニングされた下層配線金属膜13が形成されている。この下層配線金属膜13上には層間絶縁膜14が積層されており、この層間絶縁膜14にはビア孔14aが開口している。また、ビア孔14aの底面に露出する下層配線金属膜13の表面にはAl金属が酸化して形成されたアルミナ層15が形成されている。このような基板1がカソード3上に載置された状態で、ガス導入口からエッチングガスとしてCl系ガス、例えばBCl₃とCl₂との混合ガスが導入される。この混合ガスは、カソード3に高周波電圧が与えられることにより、プラズマ化する。

【0021】ビア孔14aの底面にあるアルミナ層15はこのようなCl系ガスをを用いたプラズマエッチによりエッチングされる。このアルミナ層15およびそれに続く下層配線金属膜13のエッチング時には、プラズマP内にAlに関係する発光が生じる。図3は、このAl発光の発光強度とエッチング時間の関係を示したグラフであり、同グラフの縦軸は発光強度、横軸はエッチング時間を示している。Al発光強度は、同グラフに示されるように、アルミナ層15のエッチング時には極めて低い値しか示さないが、その後、時間T₁経過後にステップ状に増加する。このAl発光の強度変化は、アルミナ層15についてのエッチング除去が終了し、同一エッチング条件においてよりエッチング速度が速く、従ってより多量のAlがプラズマ中に放出される下層配線金属膜13のエッチングが始まったことに対応している。従って、エッチング中、エッチング容器2に設けられた窓2aを介してこのAl発光を光センサ6で検出することにより、アルミナ層15のエッチング終了時点を検知することが可能になる。

【0022】すなわち、光センサ6は、時間T₁におけるAl発光強度増大が終了した時点から、基板面内でのアルミナ層15の膜厚やエッチング速度のパラッキを考慮して予め定められたオーバーエッチ時間ΔT経過したT₂時点まで、制御手段7へ信号を出力する。制御手段7はこの信号入力を受け、電源5からカソード3への電源供給を停止させる。この電源供給の停止により、Cl系ガスによるプラズマエッチが停止され、ビア孔14aの底面に露出するアルミナ層15のエッチングが終了させられる。この結果、ビア孔14aの底面の状態は図2(b)に示されるようになり、アルミナ層15は完全に除去され、意図された量だけ下層配線金属膜13の表面がオーバーエッチされた状態になる。その後、基板は搬送室10bを通じて図示されないCVD室に移され、基板表面にジメチルアルミニウムハイドライド(DMAH)ガスが流され、選択CVDが行われる。この選択CVDにより、ビア孔14aの底面に露出した下層配線金属膜13の表面にAl金属が選択堆積され、埋込プラグが形成される。

【0023】なお、ここでは、下層配線金属膜13のエ

7

エッチングによって放出されるAlによる発光強度が増大することを観察してエッチング終了時点を検知した例を示したが、AlCl等の形で放出される分子の発光強度増大を観察することも可能である。また逆に、下層配線金属膜13のエッチングが開始されてCl、BCl等のエッチングガスに起因する発光強度が低下することを観察することも可能である。しかし、この場合は強度変化が小さく、高感度の観察手段が必要となる。

【0024】またここでは、アルミナ層15のエッチング終了を検知してから一定時間 ΔT だけのオーバーエッチを行った例を示したが、エッチング終了までの時間 T_1 に対して一定割合のオーバーエッチ時間を算出して行うことも可能である。

【0025】またDMAHガスを用いて選択CVDを行ったが、DMAHの他に使用可能なCVD原料ガスとしては、トリメチルアミンアラン、ジメチルエチルアミンアラン、トリエチルアミンアラン、トリイソブチルアルミニウム、トリメチルアルミニウム、DMAHとトリメチルアルミニウムとの分子間化合物などがある。また、シクロペンタジエニル・トリエチルフォスフィン銅等の銅を含むガスを同時に供給してAl-Cu合金を選択堆積することや、その他のアルミ膜質改善に有効な不純物を含むガスを供給して、Al-Ti、Al-Si、Al-Sc等の合金を選択堆積することも可能である。

【0026】またここでは原料ガスとしてAlの有機化合物ガスであるDMAHを用いてAl金属を選択堆積する場合について示したが、他の金属を含む化合物ガスを用いて他の金属を選択堆積する場合、例えば、6フッ化タングステンガスを原料としてタングステン金属を選択堆積する場合にも、本発明の方法は同様の効果を持つ。

【0027】また、プラズマエッチに使用するガスとしてはBCl₃とCl₂との混合ガスのみではなく、塩素系のガス、具体的にはCl₂ガスおよびHCl、CCl₄、SiCl₄、BCl₃、PCl₃、AsCl₃等の塩素化合物ガスを単独または2種以上混合した状態で、必要ならばHe、Ar、N₂等の希釈ガスを加えてしやうすることができる。またHBr、Br₂等の臭素系のガスを使用することも可能である。このうち、アルミナ層除去のために有効な還元性を持つガスとしてはBCl₃、PCl₃がある。一方、Cl₂が最も堆積物発生が少ない。

【0028】このような本実施例によれば、各基板の履歴が異なり、ビア孔に露出する配線金属膜表面に生じるアルミナ層の膜厚が異なっても、アルミナ層のエッチングエンドポイントが検知されるため、各基板ごとに適正な時間だけプラズマエッチを行うことが可能になる。従って、下層配線金属膜表面の余分なアルミナ層のみを精度よく除去することができ、従来のように、アルミナ層が除去しきれなかったり、また、下層配線金属膜をエッチングし過ぎてしまうといったことはなくなる。

8

【0029】また、アルミナ層15のエッチング終了検知後、基板内のアルミナ層膜厚およびエッチング速度バラツキを補償するための最低限のオーバーエッチのみを行い、下層配線金属膜13表面層のエッチングを最低限に抑えることも可能である。また、最低限のオーバーエッチを行った後、意図的にオーバーエッチを追加して、下層配線金属膜13表面層を深くエッチングすることも可能である。後者の場合、下層配線金属膜13と埋込プラグとの接触面積が増大し、容易に低い接触抵抗を得ることができる。

【0030】さらにまた、追加オーバーエッチを行う際のエッチング条件は、アルミナ層15のエッチングを行う際と同一でもよいし、変化させてもよい。後者の場合、例えばアルミナの還元のために加えたBCl₃の流量を減らすかもしくは零にすれば、酸素を含む堆積物のビア孔14a側壁や、ビア孔14a底面に露出した下層配線金属膜13表面への付着を防止することが可能である。ビア孔側壁の堆積物はAl金属の選択堆積の際の選択性を劣化させ、下層配線金属膜13表面の堆積物は下層配線金属膜13と埋込プラグとの間の接触抵抗を増大させる。

【0031】また、プラズマから照射されるイオンのエネルギーを下げて追加オーバーエッチを行えば、ビア孔14a表面に露出した下層配線金属膜13表面への塩素の吸着量を減少させたり、下層配線金属膜13の材料がスパッタされてビア孔14a側壁に付着する量を減少させることが可能である。塩素吸着量の減少によって下層配線金属膜とプラグとの間の接触抵抗を低減させるとともに、腐食の発生を防止することができる。ビア孔14a側壁への下層配線材料の付着量の減少により、Al金属の選択堆積の際の選択性を向上させることができる。さらに、イオンエネルギーの低い条件に変化させて追加オーバーエッチングを行えば、アルミナ層15のエッチングの際にビア孔14a側壁に付着した堆積物および、バラツキを補償するための最低限のオーバーエッチの際にアルミナ層エッチングと同一の条件のエッチングプラズマに下層配線金属膜13表面が曝された際にビア孔14a側壁に付着した堆積物を除去することも可能である。

【0032】イオンエネルギーを低くするためには、通常の平行平板型RIE装置を使用する場合には、高周波電力を減少させる、ガス圧力を増加させる等の方法をとる。また、高周波バイアスを併用したECRエッチング装置のように、プラズマ密度とイオンエネルギーを独立して制御することができる装置を使用すれば、より広い範囲でイオンエネルギーを変化させることができる。

【0033】次に、本発明の第2の実施例による埋込プラグの形成方法およびエッチング装置について説明する。

【0034】本実施例においても、上記実施例と同様、

9

SiO₂ からなる下地絶縁膜、Al 金属からなる下層配線金属膜が Si 基板上にまず堆積される。その後、基板を大気中に取り出したり、基板表面を酸素を含む雰囲気中に曝したりすることなしに、この下層配線金属膜上に TiN からなる反射防止膜が形成される。続いて、この反射防止膜上にホトレジストが塗布される。このホトレジストはホトリソグラフィ技術によって露光・現像処理され、所定形状にパターニングされる。この露光処理の際、ホトレジスト下の反射防止膜は、マスクパターンを介して照射される光が基板表面で乱反射するのを防止し、マスクパターンのホトレジストへの転写精度を高める機能を果たしている。次に、パターニングされたこのホトレジストをマスクに RIE が行われ、反射防止膜および下層配線金属膜が所定の配線パターン形状にパターニングされる。次に、反射防止膜上のホトレジストが除去された後、パターニングされたこの反射防止膜および下層配線金属膜上に SiO₂ からなる層間絶縁膜が形成される。この層間絶縁膜上にもホトレジストが塗布され、リソグラフィ技術によりパターニングされる。次に、パターニングされたこのホトレジストをマスクにフッ素系ガスを用いた RIE が行われ、層間絶縁膜が選択的に除去される。この RIE により、下層配線金属膜上の反射防止膜の一部露出するビア孔が開口される。その後、パターニングに用いられたホトレジストは酸素プラズマアッシングおよび有機溶剤処理によって除去される。

【0035】図 4 (a) はこの工程まで終えた基板状態を示す断面図である。Si 基板 21 上には下地絶縁膜 22 が形成されており、この下地絶縁膜 22 上にはパターニングされた下層配線金属膜 23 および反射防止膜 24 が形成されている。この反射防止膜 24 上には層間絶縁膜 25 が積層されており、この層間絶縁膜 25 にはビア孔 25a が開口している。次に、プラグ形成の前処理として、ビア孔 25a の底面に露出する反射防止膜 24 を除去するため、エッチング室内で以下のエッチングが行われる。

【0036】このエッチングの際、反射防止膜厚およびエッチング速度のバラツキを補償するために行われるオーバーエッチのために、下層配線金属膜 23 表面もエッチングされる。また、意図的にオーバーエッチングを追加して、下層配線金属膜 23 の表面層を深くエッチングすることも可能である。

【0037】このために使用される埋込プラグ形成装置は図 1 に示される装置と同様な構成である。ビア孔 25a の開口工程まで終了した基板は、上記実施例と同様にエッチング容器内のカソード上に載置されている。このような状態で、エッチング容器のガス導入口からエッチングガスとして BCl₃ と Cl₂ との混合ガスが導入される。この混合ガスは、カソード 3 に高周波電圧が与えられることにより、プラズマ化する。ビア孔 25a

10

の底面にある反射防止膜 24 は、このような Cl 系ガスをを用いたプラズマエッチによりエッチングされる。この反射防止膜 24 のエッチング時には、エッチング部分に TiCl 発光が生じる。

【0038】図 5 は、このエッチング部分に生じる発光の強度とエッチング時間との関係を示したグラフである。同グラフの縦軸は発光強度、横軸はエッチング時間を示している。反射防止膜 24 をエッチングすることにより生じる TiCl 発光は、同グラフの特性線 A に示される。TiCl 発光強度は、同グラフに示されるように、反射防止膜 24 のエッチング開始後一定した値を示すが、一定時間経過後に低下する。一方、この TiCl 発光の低下に伴い、特性線 B に示される Al 発光が立上がり、Al 発光強度が増加する。この Al 発光強度の増加は、Ti を含む反射防止膜 24 についてのエッチング除去が終了し、Al を含む下層配線金属膜 23 についてのエッチングが始まったことに対応している。従って、エッチング中、この TiCl もしくは Al 発光をエッチング容器に設けられた窓を介して光センサで検出することにより、反射防止膜 24 のエッチング終了時点を検知することが可能になる。

【0039】例えば、TiCl 発光強度が 1/2 に低下した時点 T₁ (図 5 参照) から、予め定められたオーバーエッチ時間 ΔT₁ 経過した時点 T₂ で、光センサは制御手段へ信号を出力する。制御手段はこの信号入力を受け、容器内におけるエッチング条件をイオンエネルギーの低い条件に変化させる。反射防止膜 24 をエッチング除去するには、高エネルギーイオンによる衝撃が必要になるが、下層配線金属膜 23 をエッチング除去するには適していない。つまり、反射防止膜 24 をエッチングすると同様なイオンエネルギーの高い条件をもって下層配線金属膜 23 をエッチングすると、イオンの衝撃によって飛散する Al 金属がビア孔 25a の側壁に再付着してしまう。この付着した Al 金属によって、次の選択 CVD による埋込プラグ形成の際の選択性が劣化する。また、塩素イオンが高エネルギー状態で照射されると、下層配線金属膜内に深く侵入して残留する。このようにして残留した塩素は、下層配線金属膜と埋込プラグとの間の接触抵抗を増大させたり、下層配線金属膜もしくは埋込プラグの腐食を起こす原因になる。しかし、下層配線金属膜 23 が現れた時にエッチング条件をイオンエネルギーの低い条件に変化させると、エッチングは、下層配線金属膜 23 の Al 成分が塩素ラジカルと化学反応し、AlCl₃ となって蒸発することによって行われる。このため、エッチングは Al 金属が飛散することなく行われ、上記問題は生じない。

【0040】なお、ΔT₁ および ΔT₂ は、予め定められた値とすることも、例えば、T₁ の測定値に対して一定の割合で算出して基板毎に調整することも可能である。

11

【0041】現実には、基板全面のビア孔底の反射防止膜が除去され、エッチング条件がイオンエネルギーの低い条件に変化させられる以前に、部分的に反射防止膜が除去された部分では下層配線金属膜23についてイオンエネルギーの高い条件でのエッチングが行われる。このため、僅かながらA1金属が飛散し、ビア孔25aの側壁には少量のA1金属が再付着し、また、塩素の残留が発生する。しかし、その後イオンエネルギーの低い条件でのエッチングが行われることにより、この再付着物や残留塩素はきれいに除去される。このイオンエネルギーの低い条件でのエッチングは ΔT_2 の時間だけ行われ、 T_4 の時点で高周波電力がオフになり、エッチングが終了される(図5参照)。

【0042】なおここでは、高周波電力を減少させることによってイオンエネルギーを低下させたため、同時に塩素ラジカル密度も低下し、A1金属のエッチング速度も低下したため、 $T_3 \sim T_4$ 間でのA1発光強度が低下している。この結果、ビア孔25aの底面の状態は図4(b)に示される状態になり、反射防止膜24がきれいに除去されて下層配線金属膜23が露出する。その後、

基板は搬送室を通じてCVD室に移され、基板表面にDMAHガスが流され、選択CVDが行われる。この選択CVDにより、ビア孔25aの底面に露出した下層配線金属膜23の表面にA1金属が選択堆積され、埋込ブラグが形成される。

【0043】このような本実施例によれば、反射防止膜24がビア孔25a開口のためのフッ素系エッチングによってオーバーエッチングされ、基板ごとに反射防止膜24の膜厚が異なっても、また、フッ素を含む堆積物が反射防止膜表面に形成されても、反射防止膜24のエッチングエンドポイントが各基板ごとに検知されるため、反射防止膜24を制御性よくエッチング除去することが可能になる。従って、従来のように、ある基板に対しては反射防止膜が残留し、他の基板に対しては反射防止膜をエッチングし過ぎ、反射防止膜下の下層配線金属膜を奥深くまでエッチングしてしまうといった不都合は生じなくなる。

【0044】なおここでは、TiClの発光を観察した例を示したが、TiN膜のエッチング中には、TiCl以外にTi、N等の発光も観察可能であり、これらの発光の強度を用いてエッチング終了時点を検知することも可能である。

【0045】また、ここでは反射防止膜のエッチングに伴う発光を観察することによってエッチング終了時点を検知した例を示したが、下層配線金属膜のエッチングに伴うAl、AlCl等の発光を観察することによっても検知可能であることは言うまでもない。ただし、反射防止膜のエッチングに伴う発光を観察した場合には、図5に示されたように、発光強度が最大値に比較して一定割合だけ低下した時点でエッチング終了時点を検知するこ

12

とが可能である。これに対して、下層配線金属膜のエッチングに伴う発光を観察して終了時点を確実に検知するためには、図5に示されたように、下層配線金属膜のエッチングに伴う発光強度の増大が終了して安定する時点まで待つ必要があり、後者の方が遅くなる。従って、下層配線金属膜の表面がエッチングされる量を少しでも小さくしたり、下層配線金属膜の表面に高エネルギーのイオンが照射される量を少しでも小さくしたりするためには、反射防止膜のエッチングに伴う発光を使用するほうが有利である。

【0046】しかし、一方、下層配線金属膜堆積後に基板を大気中に取り出したり、基板表面を酸素を含む雰囲気中に曝したりした後に反射防止膜の堆積を行った場合には、下層配線金属膜と反射防止膜との間にアルミナ層が存在する。この場合、反射防止膜のエッチング終了後、ある遅れ時間の後に下層配線金属膜のエッチングが始まり、かつその遅れ時間はアルミナ層の膜厚および膜質によって変化し、不安定である。従って、この場合は、下層配線金属膜のエッチングに伴う発光を観察した方が、反射防止膜およびアルミナ層のエッチングが終了する時点を確実に検知することができ、有利である。

【0047】なお、ここでは、反射防止膜のエッチング終了時点の検知後にエッチング条件を変化させてオーバーエッチを行った例を示したが、第1の実施例に示したような、終了時点検知後、同一の条件で定められた量のオーバーエッチを行う方法を採用することも可能である。ただし、ここで示した例のように条件を変化させる方が、側壁付着物や残留塩素の除去も実現でき、より好ましい。

【0048】また、本実施例の基板と同様に下層配線金属膜上に反射防止膜を堆積した構造の基板においても、ビア孔開口の際に反射防止膜の除去まで連続して行い、その後、第1の実施例に示した工程に従って埋込ブラグの形成を行うことも可能であることは言うまでもない。

【0049】なお、反射防止膜としてはTiN以外にTiON、TiB、TiBN、WN、Ta₂N等の高融点金属化合物の膜が使用可能である。Tiを含む高融点金属化合物の膜を使用した場合には本実施例と同様にTiClの発光を観察することによってエッチング終了時点を検知することが可能である。それ以外の高融点金属化合物の膜を使用した場合にも、その材料に適切な発光を選ぶことによって同様に検知が可能であることは言うまでもない。

【0050】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、ビア孔の底面に露出する下層配線金属膜表面のアルミナ層または反射防止膜がエッチングによりほぼ除去され、エッチングが下層配線金属膜に対して行われ始めると、プラズマ中の発光にはA1発光の強度変化が現れる。こ

13

のため、このAl発光強度の変化を検知することにより、アルミナ層または反射防止膜のエッチング終了時点を検出することが可能になり、制御性よくアルミナ層をエッチング除去することが可能になる。

【0051】また、アルミナ層または反射防止膜はイオンエネルギーの高い条件でエッチングされ、アルミナ層または反射防止膜が除去されて現れる下層配線金属膜はイオンエネルギーの低い条件でオーバーエッチングされる。このため、RIEの物理的作用によって下層配線金属膜の金属成分が付近に飛散することがなく、ビア孔の側壁に汚れが付着しないため、プラグ形成はビア孔内部に選択性よく行える。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による埋込プラグ形成装置の概略を示す図である。

【図2】第1の実施例による埋込プラグの形成過程を示す基板断面図である。

14

*【図3】第1の実施例による埋込プラグ形成装置のエッチング室を用いてエッチングする際に生じるAl発光の強度変化を示すグラフである。

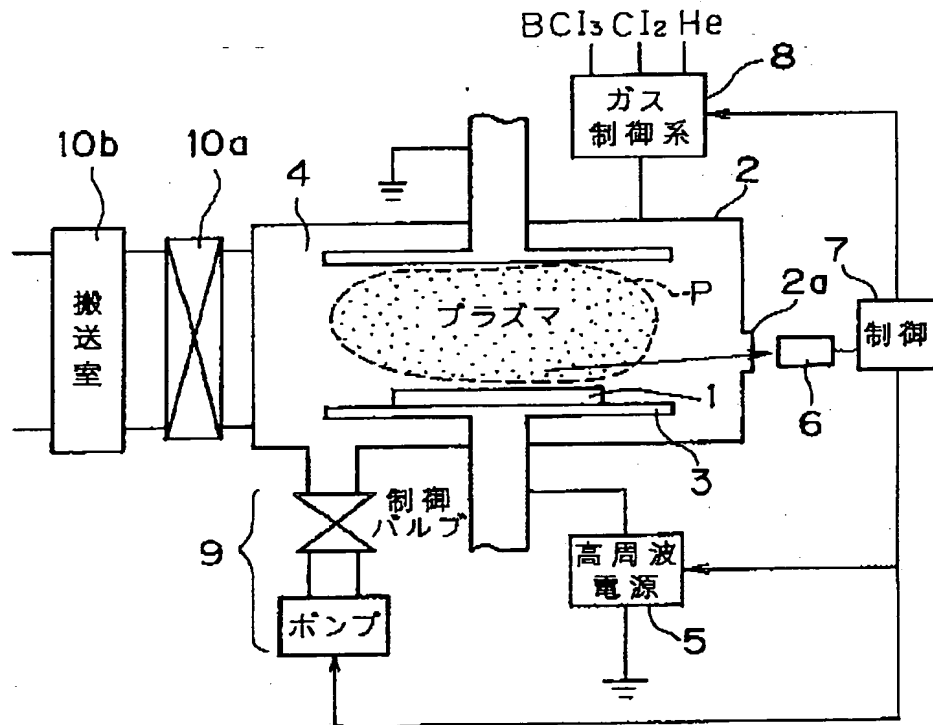
【図4】本発明の第2の実施例による埋込プラグの形成過程を示す基板断面図である。

【図5】第2の実施例による埋込プラグ形成装置のエッチング室を用いてエッチングする際に生じるTiCl発光およびAl発光の各強度変化を示すグラフである。

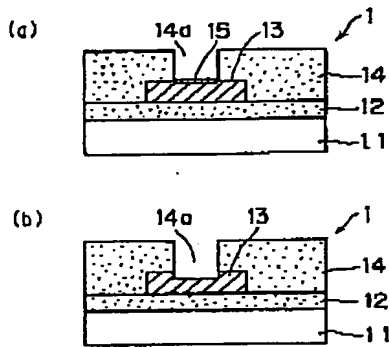
【符号の説明】

1…基板、2…RIE容器、2a…窓、3…カソード、4…アノード、5…高周波電源、6…光センサ、7…制御手段、8…ガス制御径、9…圧力制御系、10a…真空バルブ、10b…搬送室、11、21…Si基板、12、22…下地絶縁膜、13、23…下層配線金属膜、14、25…層間絶縁膜、15…アルミナ層、24…反射防止膜、14a、25a…ビア孔。

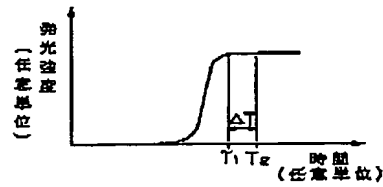
【図1】



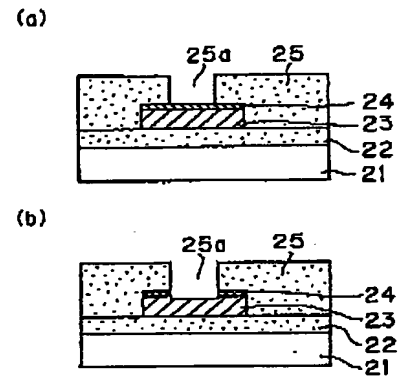
【図 2】



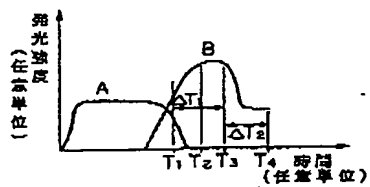
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 近藤 英一
千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製
鉄株式会社技術研究本部内

(72)発明者 太田 与洋
千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製
鉄株式会社技術研究本部内